



COMPLEXIDADE GENÉTICA E A EXPRESSÃO DA COR DA PELE, COR DOS OLHOS E ESTATURA HUMANA: TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Genetic complexity and the expression of human skin color, eye color, and height: didactic transposition

Fernanda Franzolin [fernanda.franzolin@ufabc.edu.br]

Centro de Ciências Naturais e Humanas

Universidade Federal do ABC

Avenida dos Estados, num. 5001, Santo André, São Paulo, Brasil

Luana de Souza Prochazka [luana.prochazka@ufabc.edu.br]

Herbário da Universidade Federal do ABC

Universidade Federal do ABC

Alameda da Universidade, s/n, Santo Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil

Ana Paula Zampieri Silva de Pietri [anapaulapietri@aprendiz.org.br]

Associação Cidade Escola Aprendiz

Centro de Referências em Educação Integral

Rua General Jardim, 660, São Paulo, São Paulo, Brasil

Graça Simões de Carvalho [graca@ie.uminho.pt]

Centro de Investigação em Estudos da Criança - Instituto de Educação

Universidade do Minho

Av. da Universidade, s/n, Braga, Minho, Portugal

Resumo

A ciência Genética está em constante expansão; todavia, a genética ensinada na escola não pode ser considerada somente como uma simplificação do conhecimento produzido pela Ciência. Ela é também resultado de valores e práticas. Assim, o objetivo desta pesquisa foi analisar a transposição didática no que se refere à expressão da cor da pele, cor dos olhos e estatura humana nos livros didáticos brasileiros e portugueses, bem como no Caderno do Aluno do Estado de São Paulo. Dos livros didáticos de Biologia para os diversos períodos do Ensino Médio brasileiro e Ensino Secundário português, foram analisadas doze coleções recentes: nove coleções brasileiras e três coleções portuguesas. O conteúdo dos livros foi comparado com o conhecimento da literatura de referência para a área da Genética. Neste estudo, foram considerados como literatura de referência alguns artigos científicos atuais e livros acadêmicos utilizados nos cursos de formação de professores. A influência de conhecimentos, valores e práticas sociais nesse processo de transposição didática foi também analisada. Os resultados apontam que a maioria dos livros analisados está próxima da referência ao falar sobre a determinação poligênica das características analisadas. Mais da metade dos materiais analisados menciona a influência do ambiente na determinação da cor da pele e da estatura. Foram também identificados valores e práticas que possivelmente influenciaram no processo de transposição didática desta temática, tais como: 1) a preocupação em evitar uma visão determinista da Genética; 2) a prática de matematizar a Biologia; 3) a prática dos autores em seguir orientações curriculares; 4) a prática e a preocupação com as avaliações de livros didáticos; e 5) a preocupação de evitar preconceitos em uma população composta por diferentes grupos étnicos.

Palavras-Chave: Ensino de Genética Humana; Didatização; Livros didáticos.

Abstract

Genetic science is continuously expanding, but the genetics taught in school cannot be considered only as a simplification of science produced knowledge: it is also a result of values and practices. This research aimed to analyze the didactic transposition on the expression of skin color, eye color, and human height on Brazilian and Portuguese textbooks and the “São Paulo Student Notebook”. Of the biology textbooks for several periods of secondary education (Brazilian “Ensino Médio” and Portuguese “Ensino Secundário”), twelve recent ones were analyzed in detail: nine Brazilian collections and three Portuguese collections. The content of these textbooks was compared with the contents of the reference literature in the genetics area. In this study, reference literature includes some recent scientific papers and academic books for teacher training. The influence of knowledge, values, and social practices on this process of didactic transposition was also a matter of analysis. Results showed that most textbooks are close to the scientific literature in discussing the polygenic determination of the characteristics analyzed. About half of the analyzed books mentioned the influence of the environment. Values and practices influencing didactic transposition of these topics were also identified, such as 1) concerns about avoiding a deterministic view of genetics; 2) the practice of mathematizing biology; 3) the authors' practices in following curriculum guidelines; 4) practices and concerns related to textbook evaluation; and 5) concerns with avoiding bias within populations composed of different ethnic groups.

Keywords: Human Genetics Teaching Keyword; Didatization; Textbooks.

JUSTIFICATIVAS EM TORNO DE SE ENSINAR GENÉTICA E SUA COMPLEXIDADE

Dentre os saberes historicamente produzidos pelas ciências, a Genética é uma área de grande relevância, pois seus conteúdos possuem posição central para a compreensão da diversidade genotípica dos seres vivos. São, também, importantes dentre os aspectos de interesse humano, por estarem relacionados diretamente com a vida cotidiana (Griffiths, Miller, Suzuki, Lewontin, & Gelbart, 2006). Sejam eles cultivados na agricultura, na criação de animais, sejam plantas de jardim ou animais domésticos, a maioria dos organismos cultivados tem maior variedade fenotípica em relação às espécies selvagens. Isso é decorrente tanto de séculos de seleção, quanto da aplicação da genética tradicional. Posteriormente, ampliamos nossas tecnologias com a genética molecular, com a produção de organismos transgênicos. Hoje, também utilizamos a genética forense e, na medicina, o aconselhamento genético e a terapia gênica (Archibald *et al.* 2017; Griffiths, Wessler, Lewontin, & Carroll, 2013; Zhao, 2018). O aprimoramento das técnicas de sequenciamento de genomas tem possibilitado não apenas a agilidade no processo como também uma visão mais integrada das similaridades e diferenças entre os genomas de várias espécies. Isto tem contribuído para a elaboração e desenvolvimento de técnicas de interferência e alterações genômicas (Gaudelli *et al.*, 2017; Goyal *et al.*, 2017). Ainda, diante da possibilidade de selecionarmos as características genéticas desejáveis para um indivíduo, retomamos discussões relacionadas à eugenia, quando se debate sobre “*a melhoria da qualidade dos nascimentos humanos*”, suscitando dilemas éticos (Griffiths *et al.*, 2013, p. 21-23).

Assim, pesquisas na área da Genética estão em constante evolução, produzindo novos conhecimentos em curto espaço de tempo e impactando diretamente no ensino da Genética na escola, ao fomentar reflexões sobre o que é importante ser ensinado (Boerwinkel, Yarden, & Waarlo, 2017; Flodin, 2009; Shapiro, 2010). O conceito de gene, introduzido no início do século XX, tem se desenvolvido, gerando dificuldade para manutenção de seu conceito molecular clássico, no qual “*um gene é um segmento do DNA que codifica um produto funcional (polipeptídeo ou RNA)*”. Resultados das pesquisas das últimas décadas desafiam essa compreensão ao trazer novos elementos como “*genes interrompidos, emenda (splicing) alternativa, o chamado DNA-lixo, sequências TAR, pseudogenes, regulação pós-transcricional, mai e masi, entre outros*”. Diante disso, considera-se que não há como termos uma única definição de gene, sendo o pluralismo de modelos e conceitos mais apropriado, desde que se tenha clareza de suas respectivas esferas de aplicação (Joaquin & El-Hani, 2010, p.93).

Chapman *et al.* (2019) identificam pouco domínio sobre conhecimentos de Genética ao investigarem cerca de cinco mil pessoas de 78 países. De acordo com Dougherty (2009), para compreender como se expressam características de especial interesse para a saúde pública, tais como doenças cardíacas, câncer, acidente vascular cerebral e diabetes ou até mesmo as mais variadas características geneticamente determinadas ou influenciadas que um ser humano possa apresentar, a Ciência já fornece outras explicações que vão além do padrão monogênico o qual é o mais comumente abordado no ensino da Genética clássica. Neste sentido, o Projeto Genoma Humano contribuiu para a compreensão da complexidade e organização genômica, revelando ainda sequências gênicas e regulatórias até então desconhecidas. Ademais, há muito tempo se sabe que a maioria das características fenotípicas humanas não é monogênica e sua expressão

pode ser afetada por múltiplas e diferentes variações em vários elementos transcritos ou não transcritos da sequência do DNA. A maioria das características que os seres humanos apresentam é determinada por um padrão complexo de expressão; portanto, elas são consideradas como multifatoriais. São, ainda, resultantes da influência do ambiente e da interação de vários genes.

Diante da complexidade da expressão das características dos organismos, os críticos do determinismo genético desejam fomentar uma visão de mundo que leve em consideração a rica rede de interações que determinam o fenótipo (Lewontin, Rose, & Kamin, 1984). Segundo Jacquard (1998), sendo a relação entre genótipo e fenótipo complexa, é importante desconfiar de explicações simplistas que dão a ilusão de uma compreensão clara do fenômeno. Para este autor, *“A única abordagem científica séria é a que respeita a realidade: se esta for complexa, apresentá-la de forma simples só pode ser uma traição”* (Jacquard, 1998, p. 13). Indo ao encontro dessa questão, vários pesquisadores têm vindo a se preocupar com a não consideração desses novos conhecimentos no ensino e o consequente fomento de uma compreensão determinista da Genética (por exemplo, Bizzo, 1998a; Camargo & Infante-Malaquias, 2007; Castéra & Clément, 2014; Castéra, Clément, & Sarapuu, 2014; Carver, Castéra, Gericke, Evangelista, & El-Hani, 2017; Dougherty, Lontok, Donigan, & McInerney, 2014; Gericke, Hagberg, Santos, Joaquim, & El-Hani, 2012; Gericke & Hagberg, 2007; Jamieson & Radick, 2017; Saaban, Khalil, & Trouche, 2015; Silva, Ferreira, & Carvalho, 2011).

Defendendo a importância de se melhorar o ensino da Genética humana na escola, Camargo e Infante-Malaquias (2007) criticam a abordagem das heranças genéticas monogênicas como regra geral e consideram importante enfatizar os fatores ambientais na determinação das características dos indivíduos. Bizzo (1998a) também questiona a relação determinista entre genótipo e fenótipo ensinada nas escolas, onde se enfatizam cálculos de probabilidade relacionados à determinação de características. Dougherty (2009), ao criticar o ensino de Genética que omite a complexidade da expressão das características, considera que esse ensino possa gerar uma visão determinista, deixando o aluno carente de conhecimentos suficientes para a tomada de decisões como consumidor de produtos gerados pela medicina. Bizzo (1998a) também alerta que o ensino de genética que propicia uma visão determinista pode fomentar ideias eugênicas em um contexto onde há tecnologias associadas à Biologia Molecular, envolvendo questões em torno da possibilidade da clonagem de seres vivos, da manipulação de embriões e da seleção de genes para determinar características desejadas. Também Castéra, Clément e Sarapuu (2014) preocupam-se com a influência de valores inatistas, que podem levar a valores, atitudes e práticas sociais intoleráveis, como o sexismo e o racismo.

As causas do determinismo genético estão sendo estudadas. Em pesquisa realizada por Gericke *et al.* (2017), foi encontrada baixa associação entre o conhecimento sobre Genética e Genômica que os indivíduos têm e sua crença no determinismo genético, reconhecendo, todavia, que mais estudos são necessários. Por outro lado, uma forte associação entre essa crença e fatores sociais, como idade e religiosidade, foi identificada. Porém, independente das correlações encontradas ou não no referido estudo, Jamieson e Radick (2017) consideram que aulas centradas na Genética mendeliana proporcionam que os alunos mantenham a sua visão determinista sobre os genes. Diante de tais argumentos, nesta pesquisa considera-se que centrar o ensino de Genética no ensino de características humanas simples não auxiliará o estudante a desenvolver uma visão da complexidade na determinação de suas características fenotípicas, necessária para o combate ao determinismo genético.

LIVROS DIDÁTICOS, TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E COMPLEXIDADE GENÉTICA

Os conhecimentos de Genética ensinados na escola, assim como os demais conhecimentos escolares, são decorrentes de um processo de didatização. Eles passam por uma seleção e são adequados para se tornarem compreensíveis para os alunos. Isso ocorre por meio do processo de transposição didática, o qual consiste em transformar um conhecimento científico, também chamado de objeto de saber ou “saber sábio”, em um objeto de ensino, o “saber a ensinar” (Chevallard 1991; Chevallard & Bosch, 2014). Para Chevallard (1991), no entorno do sistema de ensino existe a sociedade, que abrange os pais, os acadêmicos e os administradores políticos do sistema de ensino, e toda a complexidade dessa relação. A seleção e transformação do “saber sábio” para o “saber a ensinar” ocorre em uma instância intermediária entre o sistema de ensino e seu entorno, a qual Chevallard (1991) denomina de noosfera, a esfera onde se pensa o funcionamento didático. Assim, a noosfera é o local onde representantes do sistema de ensino e representantes da sociedade se encontram e se confrontam. Nessa instância, ocorre a transposição didática externa. Posteriormente, o processo continua dentro do sistema de ensino, e passa a ser chamado de transposição didática interna, havendo novas modificações do “saber a ensinar” para o “saber ensinado”.

Clément (2006) propõe adaptações a esse esquema de transposição didática proposto por Chevallard (1991). Ele se baseia nas ideias propostas por Jean-Louis Martinand, para o qual não apenas o conhecimento

científico, mas também práticas sociais são referências para o conhecimento ensinado (Martinand, 2003). Portanto, para Clément (2006), no processo de transposição didática, são referências tanto o conhecimento científico (K), quanto os valores (V) e as práticas sociais (P). Dessa forma, os conhecimentos a serem ensinados não vêm exclusivamente dos currículos, mas passam também por outros níveis de popularização da ciência. Assim, tanto os livros didáticos quanto o professor, utilizando outras fontes sociais, como revistas de divulgação científica, documentários de TV e a internet, contribuem para o “saber ensinado”.

O modelo “Demora na Transposição Didática” (DTD, do inglês “Didactic Transposition Delay”), proposto por Quessada e Clément (2007), exprime o intervalo entre o surgimento de um novo conhecimento científico (momento de sua primeira publicação) e seu aparecimento nos programas de ensino. Esse atraso pode ocorrer devido ao tempo que o novo conhecimento leva para ser reconhecido pela maioria da comunidade científica. Esse tempo é variável dependendo dos argumentos que o sustentam, dos obstáculos epistemológicos coexistentes e do contexto. Além deste período de consolidação, a DTD depende da demora em que o sistema educacional decide acolher esse novo conhecimento científico gerado. A DTD tende a ser menor se o tema for de importante impacto social, como questões relacionadas com saúde (Quessada & Clément, 2007).

Nos livros didáticos, a transposição didática se dá pela utilização de vários recursos, tais como a apresentação e a clarificação, a progressividade, as divisões formais, o uso de redundâncias, os comentários explicativos, a apresentação de resumos e sínteses, entre outros (Forquin, 1992). A análise dos conhecimentos presentes nos materiais escolares, como os livros didáticos, é defendida, pois se considera que eles são grandes influenciadores do ensino nas escolas (Abd-El-Khalick *et al.*, 2017; Almeida, Figueiredo, & Galvão, 2012; Ball & Feiman-Nemser, 1988; Martins, Santos, & El Hani, 2012; Rodrigues, Justina, & Meghioratti, 2011; Solbes, Calatayud, Climent, & Navarro, 1987). O mesmo pode estar ocorrendo com outros materiais curriculares que vêm sendo utilizados em sala de aula, como, por exemplo, o Caderno do Aluno e o Caderno do professor do Programa São Paulo Faz Escola (SEE/SP, 2014).

A transposição didática relacionada aos conteúdos de Genética nos documentos curriculares nacionais e livros didáticos tem sido objeto de diversas pesquisas, nomeadamente no âmbito do projeto europeu Biohead-Citizen, que incluiu 19 países, sendo treze europeus, cinco africanos e um do Oriente Médio (Carvalho & Clément, 2007; Castéra *et al.*, 2007, 2008; Clément & Castéra, 2013; Silva, Ferreira, & Carvalho, 2009a). Tais pesquisas mostram diferenças na DTD nos diversos países, o que está relacionado aos valores e contextos sociais dessas regiões (Clément, 2013; Clément & Castéra, 2013; Quessada & Clément, 2007). Os pesquisadores verificaram também que concepções menos deterministas podem ter um peso importante na redução da DTD (Quessada & Clément, 2007) e que, por exemplo, o criticado termo “programa genético” é mais frequente em livros didáticos da Finlândia, mostrando uma DTD mais prolongada do que em países como a Turquia ou a França (Castéra *et al.*, 2007). Para além da DTD, outras pesquisas (Franzolin, 2012; Franzolin & Bizzo, 2015; Franzolin, Tolentino Neto, & Bizzo, 2015) identificaram outros tipos de distanciamentos: o uso de metáforas no processo de didatização; diferenças na definição de conceitos; diferenças na descrição dos processos; generalizações e omissão de informações (voltaremos a mencionar esses tipos de distanciamentos na metodologia desta pesquisa). Há, portanto, diversos distanciamentos decorrentes da transposição didática que são necessários quando esse processo visa tornar compreensível aos alunos o “saber sábio” produzido pela comunidade científica (Chevallard, 1991; Chevallard & Bosch, 2014), já que não é possível os alunos aprenderem da mesma forma que os cientistas aprendem em comunicações em seus congressos (Bizzo, 1998b) ou através de artigos científicos. Todavia, há certos distanciamentos do “saber sábio” que não são interessantes ou positivos para o processo de aprendizagem dos alunos, pois podem provocar obstáculos de aprendizagem e, assim, dificultarem a compreensão de conhecimentos centrais, importantes para a compreensão do mundo (Franzolin, 2012). Por exemplo, há livros didáticos que dizem que cada gene é responsável pela produção de um dado polipeptídio, o que pode dificultar a compreensão do aluno sobre o fato de um gene poder produzir um ou mais tipos de polipeptídios, dificultando também a compreensão da complexidade da expressão gênica (Franzolin, 2012). Assim, o processo de transposição didática sendo por um lado necessário, pode gerar o que Chevallard (1991, p. 49) chama de “disfunções inadequadas”. Portanto, no âmbito do que se denomina como vigilância epistemológica, torna-se necessário fazer uma espécie de verificação ou validação da pertinência dos resultados do processo de transposição didática, tanto para verificar essas inadequações quanto para verificar se é necessário ampliar o distanciamento para favorecer a compreensão por parte dos alunos.

Nos livros didáticos brasileiros, a abordagem determinista do ensino de Genética tem sido encontrada na associação simplista entre gene e proteína (Gericke *et al.*, 2012; Rocha *et al.*, 2007) e na definição de linhagem pura (Franzolin, 2012). Também outros autores referem tratamentos deterministas para algumas características humanas específicas relacionadas ao gênero (Pinho, 2009), à orientação sexual (Alves & Carvalho, 2001; Andrade, 2004), aos grupos sanguíneos (Batisteti, Caluzi, Araújo, & Lima, 2007; Pschisky,

2003) e à anemia falciforme (Carmo, Almeida, & Arteaga, 2013). Outros trabalhos, em vez de focarem em uma característica específica, abrangem o conjunto de características humanas (Casagrande, 2006; Baiotto & Loreto, 2018). Esses trabalhos, em geral, apresentam o que seus autores chamam de informações desatualizadas (Casagrande, 2006; Carmo, Almeida, & Arteaga, 2013), abordagens sutilmente racistas e estigmatizantes (Carmo, Almeida & Arteaga, 2013) e incorreções ou erros conceituais (Casagrande, 2006; Pschisky, 2003; Baiotto & Loreto, 2018). Outros autores consideram que falta uma discussão explícita nos livros didáticos sobre o determinismo biológico (Puig & Aleixandre, 2015).

Há, portanto, espaço para investigar o determinismo genético na didatização sobre a herança de outras características humanas, tema ainda pouco explorado nas pesquisas brasileiras, mas mais contemplado em estudos internacionais, como, por exemplo, os que referem diferenças entre livros didáticos de diversos países sobre o determinismo genético relacionado a doenças genéticas (Castéra, Bruguère, & Clément, 2008; Silva, Ferreira, & Carvalho, 2009b, 2010, 2011). Neste estudo, pretendemos contribuir para esse quadro de pesquisas ao verificar em que medida características humanas estão sendo tratadas em suas complexidades, possibilitando uma visão menos determinista da genética.

Diante de tais justificativas, a presente pesquisa teve como objetivo investigar como alguns exemplos de expressão de características humanas mais mencionadas nos materiais didáticos - cor da pele, cor dos olhos e estatura humana - se aproximam ou se distanciam do conhecimento de referência, compreendendo os conhecimentos, valores e práticas envolvidos em seu processo de transposição didática. Desse modo, este estudo pretende gerar reflexões sobre como a Genética é ensinada e sobre os conhecimentos trazidos nos materiais didáticos. O foco principal desta pesquisa são os livros didáticos brasileiros e, por motivos expressos na metodologia deste trabalho, também incluímos na análise livros didáticos portugueses equivalentes. A próxima seção também trará esclarecimentos sobre o que consideramos como “conhecimento de referência”, “aproximação” e “distanciamento”, entre outros detalhes metodológicos.

METODOLOGIA

Nossos estudos preliminares (Prochazka & Franzolin, 2018) mostraram que a cor da pele, a cor dos olhos e a estatura estão entre as características humanas mais mencionadas nos livros didáticos brasileiros. Este motivo e o fato de elas serem facilmente observáveis pelos alunos em seu próprio corpo levaram-nos a escolhê-las como foco para esta análise mais detalhada. Estas são características comuns a todos os indivíduos, não se tratando de doenças nem de características genéticas raras.

A princípio, esta pesquisa tinha como objetivo apenas a análise de livros brasileiros e o Caderno do Estado de São Paulo. Todavia, entre as possibilidades de análise, optou-se por utilizar procedimentos já adotados em pesquisas anteriores (Franzolin, 2007, 2012), explicitados mais abaixo, aliando-os ao modelo KVP, desenvolvido por Clément (Carvalho & Clément, 2007; Clément, 2006), que abrange a análise de conhecimentos (K), valores (V) e práticas sociais (P). Na utilização desse modelo, é importante a comparação de livros didáticos de diferentes contextos, o que permite, através de parâmetros socioculturais, a compreensão dos valores e práticas sociais de cada região. Neste caso, escolheu-se, para comparação com o contexto brasileiro, o contexto português, pela vantagem de ser de outro continente, mas tendo o mesmo idioma e relação histórico-social. Esse procedimento favorecerá a comparação entre os dois cenários escolhidos e a identificação de práticas e valores característicos do universo brasileiro. Ademais, o fato de uma das pesquisadoras também ser pertencente ao contexto português igualmente favoreceu a comparação e compreensão de ambas as realidades. Elementos que caracterizam cada contexto serão abordados e apresentados de forma dialogada com os resultados.

Foram analisados materiais didáticos para o ensino médio (no caso do Brasil) e o equivalente ensino secundário (no caso de Portugal), envolvendo todos os materiais que estavam acessíveis aos pesquisadores. A pesquisa abrangeu, no contexto de São Paulo, todas as nove coleções brasileiras aprovadas nas avaliações do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD 2012/1015) e os Cadernos do Aluno, elaborados pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. De Portugal, foram analisadas três edições de livros didáticos contemporâneos. Das doze coleções (nove brasileiras e três portuguesas), foram analisados os capítulos relacionados a Genética, Biologia molecular, divisão celular e evolução. Diante do leque de detalhes e informações nos livros didáticos sobre cada uma das três características humanas escolhidas, foram analisadas as informações mais frequentes ou centrais.

A chave de identificação das doze coleções analisadas é apresentada no Quadro 1. Os livros analisados estão identificados por letras, como A, B, C, entre outras, precedidas da abreviação LD (Livro Didático). Os livros brasileiros são acompanhados da sigla br (por exemplo LDA-br) e os livros portugueses,

da sigla pt (por exemplo LDJ-pt). Já o conjunto de Cadernos do Aluno de Biologia do Estado de São Paulo (SEE/SP, 2014) foi identificado pela abreviação CSP.

Quadro 1 – Chave de identificação dos materiais analisados: livros didáticos (LD); Cadernos do Aluno de Biologia do Estado de São Paulo (CSP)

País	Código do livro	Coleção
Brasil	LDA-br	Santos, F., Aguiar, M., & Oliveira, M. (2010). <i>Biologia: Ensino Médio</i> . São Paulo, SP: Edições SM.
	LDB-br	Bizzo, N. (2010). <i>Novas bases da biologia: ensino médio</i> . São Paulo, SP: Ática.
	LDC-br	Linhares, S., & Gewandsztnadger, F. (2010). <i>Biologia hoje</i> . São Paulo, SP: Ática.
	LDD-br	Editora Moderna. (2013). <i>Conexões com a Biologia</i> . São Paulo, SP: Moderna.
	LDE-br	Amabis, J., & Martho, G. (2013). <i>Biologia em contexto</i> . São Paulo, SP: Moderna.
	LDF-br	Silva, Júnior, C., & Sezar Sasson, N. (2013). <i>Biologia</i> . São Paulo, SP: Saraiva.
	LDG-br	Mendonça, V. (2013). <i>Biologia</i> . São Paulo, SP: Editora AJS.
	LDH-br	Favaretto, J. A. (2013) <i>Biologia</i> . São Paulo, SP: Saraiva.
	LDI-br	Lopes, S.; Rosso, S. (2013). <i>Biologia</i> . São Paulo, SP: Saraiva.
	CSP	SEE/SP - Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. (2014). Caderno do Aluno: Ensino Médio, Biologia, Ciências da Natureza. (Vol. 1 e 2). São Paulo, SP: Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.
Portugal	LDJ-pt	Matias, O., & Martins P. (2014). <i>Biologia</i> . Porto, Portugal: Areal Editores.
	LDK-pt	Silva, A., Santos, M., Mesquita, A., Baldaia, L., & Félix, J. (2014) <i>Terra, Universo de vida. Biologia</i> . Porto, Portugal: Porto Editora.
	LDL-pt	Carrajola, C., Castro, M., & Hilário, T. (2012) <i>Planeta com vida</i> . Carnaxide, Portugal: Santillana Constância.

É importante esclarecer que um breve artigo com dados preliminares desta pesquisa, abrangendo dados da amostra parcial, foi submetido e aprovado para publicação no evento acadêmico XVII IOSTE Symposium (evento da International Organization for Science and Technology Education) e, como consequência, foi escolhido para ser publicado na língua inglesa no periódico *Conexão Ciência* (Online) (Franzolin, Silva, Prochazka, Ferreira, & Carvalho, 2017). Já no presente artigo, pretende-se, para além da publicação dos dados da amostra integral, trazer uma visão mais completa da investigação realizada, detalhando seus pressupostos teóricos, metodologia e resultados.

Conforme acima mencionado, para a análise utilizou-se uma metodologia desenvolvida em pesquisas anteriores (Franzolin, 2007, 2012). Assim, compararam-se os conteúdos presentes nos materiais didáticos com aqueles presentes na literatura de referência. Para este estudo consideraram-se como literatura de referência os artigos científicos recentes sobre os temas analisados disponíveis em periódicos eletrônicos da área. Alguns artigos mais antigos, que eram referência à artigos mais recentes, também foram adotados. Para complementar, foram utilizados livros acadêmicos de referência usados em cursos de formação de professores, que, apesar de já serem resultantes de certa transposição didática, têm maior proximidade aos conhecimentos gerados e atualmente aceitos pela academia, apresentando-os em forma de síntese. Assim, fizeram parte dessa bibliografia os seguintes documentos de referência: Beleza *et al.* (2013), Bito (1997), Griffiths *et al.* (2013), Han *et al.* (2008), He *et al.* (2015), Jabloski e Chaplin (2012), Liu (2015) e Zhu *et al.* (2004).

Nesta abordagem metodológica (Franzolin, 2007, 2012), considera-se que o conhecimento escolar está sujeito a duas fontes de influências: 1) o distanciamento entre o conhecimento a ser ensinado e o conhecimento científico, visando deixá-lo mais acessível àquele que aprende; e 2) a aproximação do conhecimento a ser ensinado ao conhecimento científico, buscando sua correção e compromisso com os cânones científicos. Em pesquisas anteriores, essas duas fontes foram chamadas respectivamente de “laxismo” e “rigorismo”, termos que optamos por não usar mais nesta publicação, devido ao sentido fortemente depreciativo que “laxismo” tem na cultura portuguesa, distinto do sentido mais brando evidenciado na cultura brasileira. Neste estudo, denominamos então, respectivamente, de “distanciamento” e “aproximação”. A ausência de distanciamento poderia gerar conhecimentos inacessíveis para quem aprende, e a ausência de aproximação, um descompromisso com o conhecimento aceito pela comunidade científica. Ambas as influências atuam conjuntamente e são essenciais na constituição do conhecimento escolar.

Deste modo, esta pesquisa diferencia-se de outras abordagens metodológicas utilizadas por pesquisadores na análise de livros didáticos, pois não tem a finalidade de identificar “erros” nesses materiais e tratá-los todos da mesma forma. Considera-se que os distanciamentos são flexões conceituais, as quais não são necessariamente negativas ou “erros conceituais”. Consideramos que há flexões que são necessárias para a aprendizagem ocorrer. Por outro lado, também pode haver aquelas que podem criar obstáculos à compreensão de conhecimentos centrais para o entendimento do aluno (Franzolin, 2012). Dessa forma, o distanciamento que não represente erros conceituais ou reforce concepções alternativas é aceitável e pode ajudar na compreensão do aluno, já que a linguagem e a forma de apresentação dos conhecimentos nas referências científicas podem ser de difícil compreensão para os jovens que estão iniciando sua aprendizagem sobre o assunto. Todavia, dependendo do tipo de distanciamento, este pode atrapalhar o entendimento de conhecimentos importantes para a compreensão dos alunos. Assim, um distanciamento é visto de forma negativa em nossas pesquisas quando ele possibilita obstáculos para a compreensão dos conhecimentos, principalmente aqueles centrais. É importante também esclarecer que essa metodologia está diretamente atrelada ao olhar epistemológico do pesquisador. Portanto, diferentes pesquisadores em diferentes contextos poderão ter uma visão distinta sobre determinados distanciamentos.

Dessa forma, foram analisadas aproximações e distanciamentos de modo a classificar estes últimos em diferentes “categorias de tipos” (Quadro 2) e “categorias de implicações” (Quadro 3). Estas categorias são as mesmas utilizadas em pesquisa anterior (Franzolin, 2012); todavia, no presente trabalho, foi realizada uma ampliação das categorias, decorrente dos distanciamentos encontrados na presente pesquisa.

Quadro 2 – Categorias de tipos de distanciamentos (adaptadas de Franzolin, 2012).

Categorias de tipos de distanciamentos	
Categorias	Definições
Termo equivalente (TE)	Uso de termos sinônimos.
Metáfora (MT)	Expressões utilizadas em sentido diferente do usual devido à sua analogia ou semelhança ao que se está tentando explicar.
Distância Conceitual (DC)	Conceito utilizado de forma que seu significado não condiz com aquele apresentado pela referência.
Distanciamento na descrição de processo (DP)	Descrição de processo distante daquela apresentada pela referência.
Generalização da ocorrência (GO)	Atribuição de um conhecimento particular a um contexto geral.
Conteúdo não atualizado (CNA)	Conhecimento considerado próximo do conhecimento científico em determinado momento de sua história, mas contemporaneamente distante.
Omissão de informação (OI)	Conhecimento presente na referência, mas ausente no livro didático.

Quadro 3– Categorias de implicações de distanciamentos (Franzolin, 2012).

Categorias de implicações de distanciamentos	
Categorias	Definições
Facilitadores para o conhecimento (fc)	Importantes para a compreensão do conteúdo que está sendo ensinado.
Mantenedores da essência do conhecimento (mc)	Não são necessários para facilitar a compreensão do conhecimento, mas também não a afetam negativamente.
Entraves à compreensão de conhecimentos pontuais (ep)	Causam a não compreensão de um conhecimento específico, apesar de não interferirem negativamente na compreensão de um conhecimento central.
Entraves à compreensão de conhecimentos centrais (ec)	Dificultam ao aluno a compreensão de um conhecimento central para o entendimento de um conteúdo.
Entraves à compreensão de conceitos centrais com graves implicações sociais pessoais (es)	Trazem prejuízos graves para o aluno, podendo colocar sua integridade física ou psicológica em risco.

A imersão nos resultados, ou seja, sua leitura e releitura (Marshall & Rossman, 2006), nos fez identificar padrões de tipos e possíveis implicações de distanciamento, levando à formação das categorias acima apresentadas, sob as quais categorizamos os distanciamentos encontrados em Franzolin (2012) e na presente pesquisa. Para realizar essa categorização, foram utilizados elementos próprios da análise de conteúdo (Bardin, 2007). Cada informação analisada foi denominada unidade de registro e identificada como urn (ur = unidade de registro, n = número de identificação da unidade). As unidades de registro são unidades de significação a serem contadas e consideradas para a determinação de frequências (Bardin, 2007). Após a consideração da ur como distanciamento ou como aproximação, ao ser comparada com os conhecimentos da literatura de referência, cada distanciamento identificado foi indicado como dn (d= distanciamento, n = número de identificação do distanciamento).

A contagem foi realizada considerando-se a presença ou ausência do distanciamento em cada coleção analisada. Para cada distanciamento e sua respectiva categoria, a frequência (n) era somada. Para verificar quais eram as categorias encontradas de maneira mais frequente realizou-se a somatória de cada categoria de tipo de distanciamento, associada à sua categoria de implicação. Essa comparação permite considerar que nem sempre uma mesma categoria de tipo de distanciamento, está associada à mesma categoria de implicação. Saber quais os tipos de distanciamentos são mais frequentes e estimar suas implicações, permite identificar onde mudanças podem ser concretizadas nos livros didáticos.

Como a metodologia acima descrita é mais voltada para a avaliação de conhecimentos científicos, como forma de enriquecê-la, foi também utilizado o modelo KVP (K= Knowledge; V= valores; P= práticas sociais) introduzido por Clément (2006), pois também considera a importância dos valores e das práticas sociais na análise do processo de transposição didática.

Agregando essas estratégias metodológicas, desenvolvemos, portanto, as seguintes etapas:

1) Análise horizontal dos livros didáticos. Consistiu na análise de livros recentes utilizando a metodologia de pesquisa desenvolvida e utilizada em pesquisas prévias (Franzolin, 2007, 2012), comparando os conhecimentos dos livros com a literatura de referência. Esta etapa permitiu identificar aproximações e distanciamentos entre os conhecimentos nos materiais didáticos contemporâneos e os conhecimentos presentes na literatura de referência e categorizá-los segundo seu tipo e sua implicação;

2) Análise vertical dos livros didáticos. Envolveu acervo histórico dos livros didáticos de bibliotecas públicas de ambas localidades, São Paulo (BR) e Braga (PT). Abrangeu a análise de livros dos mesmos autores e editoras da análise horizontal (no caso dos anos em que esses materiais eram encontrados) ou de outros autores e editoras (no caso dos anos anteriores, em que não eram encontradas obras do mesmo autor ou editora). Esta etapa, efetuada com menor detalhe que a análise horizontal, buscou identificar as mudanças ocorridas nas coleções ao longo dos anos, procurando entender como os conhecimentos analisados foram se apresentando ao decorrer do tempo;

3) Busca de evidências. Consistiu na consulta a documentos e à literatura sobre a história do ensino de Biologia, procurando possíveis informações que indiquem influências KVP, ou seja, possíveis influências de

conhecimentos, valores ou práticas sociais. Foram consultados documentos curriculares, documentos relacionados à avaliação de livros didáticos e documentos relacionados aos exames de larga escala;

4) Cotejamento de resultados. Consistiu no confronto entre os resultados das análises das três etapas anteriores, procurando identificar influências KVP (figura 1).

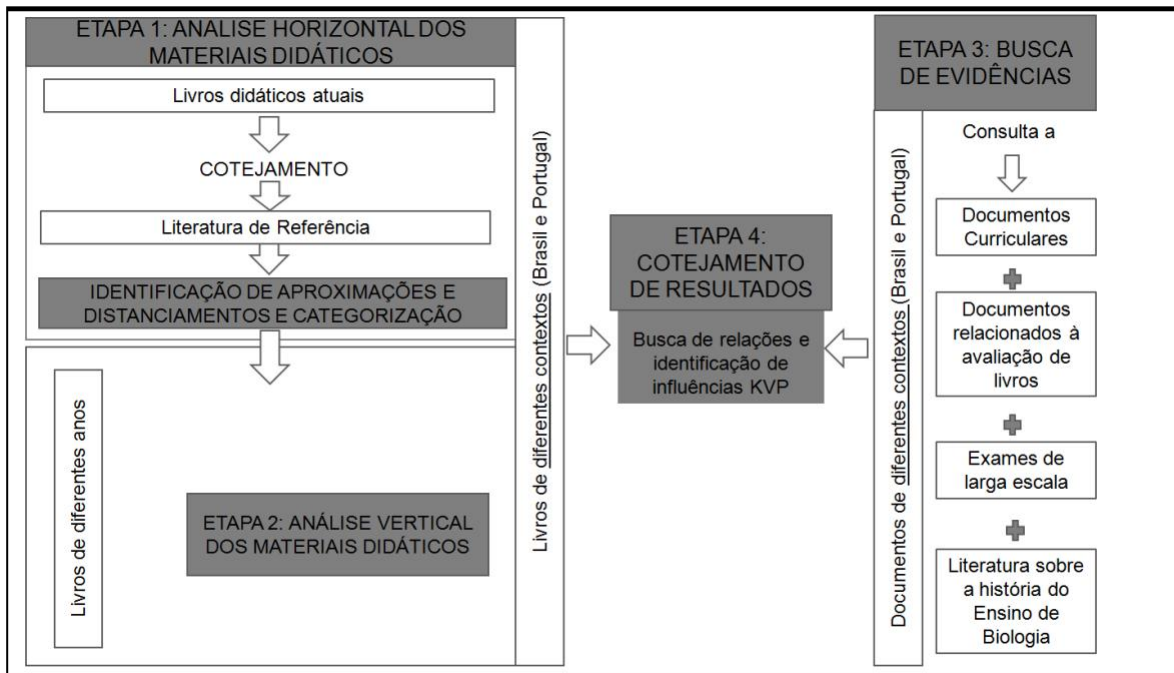


Figura 1 – Representação esquemática das etapas desta pesquisa que conjugam metodologia desenvolvida em pesquisa anterior (Franzolin, 2007, 2012) e o modelo KVP (K= Knowledge; V = valores; P = práticas sociais) introduzido por Clément (2006).

Na Figura 1, as setas indicam o sentido da ação. A etapa 1 tratou-se de uma análise horizontal, onde houve o cotejamento dos materiais didáticos contemporâneos à pesquisa e a literatura de referência, procurando identificar aproximações e distanciamentos. A etapa 2 tratou-se de uma análise vertical, na qual se verificou como conhecimentos analisados foram se apresentando nas edições de livros didáticos longo do tempo. A etapa 3 consistiu na busca de evidências de influências KVP, envolvendo a consulta de documentos curriculares, documentos relacionados à avaliação de livros, materiais relacionados aos exames de larga escala e à literatura sobre a história do ensino de Biologia. A etapa 4 consiste no cotejamento dos resultados das etapas anteriores, buscando identificar possíveis influências KVP nos conhecimentos ensinados pelos materiais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 4 apresenta a síntese dos resultados obtidos das unidades de registro (ur) identificadas em materiais didáticos brasileiros (br) e portugueses (pt) a respeito da cor dos olhos, cor da pele e estatura humana encontrados nos materiais de Ensino de Biologia brasileiros e portugueses analisados. Por sua vez, o Quadro 5 apresenta os distanciamentos referentes a esses mesmos conteúdos de expressão da cor dos olhos, cor da pele e estatura humana encontrados nos materiais de Ensino de Biologia brasileiros e portugueses analisados, relativamente à bibliografia de referência.

Durante a análise horizontal (ver Metodologia), foi verificado que, em sua maioria, os materiais didáticos analisados mencionam a cor do olho, a cor da pele e a estatura humana nos capítulos relacionados à genética, considerando-os como *características determinadas geneticamente* (ur1) (Quadro 4). Geralmente, essa informação é mencionada quando os autores dizem que estas *são características determinadas por alelos de diversos genes (poligênicas)* (ur2), ou determinadas por vários genes. Um exemplo está presente no LDC-br “*Muitas características no ser humano, nos animais e nos vegetais resultam da herança poligênica; por exemplo cor da semente do trigo, cor dos olhos e da pele, altura e peso na espécie humana. [...]*” (LDC-br, v. 3, p.80). Na bibliografia de referência, foram também encontradas informações sobre a atuação de mais de um gene na expressão da cor da pele (Beleza, 2013; Liu *et al.*, 2015), cor de olhos (Beleza, 2013) e

estatura humana (He *et al.*, 2015). Portanto, há uma *aproximação* entre a bibliografia de referência e materiais didáticos quando mencionam a natureza poligênica dessas características.

Todavia, o livro português LDJ-pt se *distancia* (d01) da referência ao não mencionar a cor dos olhos como uma característica poligênica, apresentando apenas um limitado conjunto de informações que pode levar o aluno a concluir que apenas um par de genes está incluído na expressão dessa característica (Quadro 5). Após discorrer sobre Genética mendeliana, o livro procura explicar que existem características dominantes e recessivas e apresenta um quadro com imagens cujo título diz: “*Exemplos de características fenotípicas humanas e respectiva relação de dominância/recessividade*” (LDJ-pt, v. 12, p. 109). Dentre os exemplos, estão “olhos escuros” em “características dominantes” e olhos claros em “características recessivas”. Diante da forma em que a informação é apresentada, o estudante pode deduzir que a cor dos olhos é simplesmente determinada por um par de alelos de um único gene. Devido ao caráter diferencial desse distanciamento com relação aos demais analisados em pesquisa anterior (Franzolin, 2012), foi criada aqui mais uma *categoria de tipo de distanciamento* para classificá-lo, considerando-o como *omissão de informação* (OI). Quanto à implicação, poderia ser classificada na categoria *entreve à compreensão de conhecimentos centrais* (ec), pois sem essa informação o aluno não *consegue* compreender a real natureza da herança da característica mencionada.

Conforme apresentado no Quadro 4, os materiais didáticos analisados também mencionam que os traços aqui estudados são *características que apresentam variação contínua* (ur3). LDA-br, por exemplo, diz para estatura e pigmentação na pele humana: “Os caracteres que apresentam variações contínuas são chamados de **caracteres quantitativos**, e sua variação fenotípica é chamada de *variação quantitativa*. É o caso, por exemplo, das variações de massa, altura e cor da pele em populações humanas [...]” (LDA-br, v.3, p. 75). O mesmo diz para a cor de olhos, por meio de um texto de divulgação científica adaptado:

“[...] A cor dos olhos é um tipo de variação contínua controlada por genes denominados modificadores, pois os alelos de vários genes influem na coloração final dos olhos. Isso ocorre por meio da produção de proteínas que dirigem a proporção de melanina depositada na íris” (Borges, 2009, adaptado por LDA-br v. 3, p. 83).

No documento de referência, Griffiths *et al.* (2005), a cor dos olhos, a estatura e a intensidade de cor são também apresentadas como exemplos de variação contínua. Portanto, verifica-se aqui mais uma aproximação entre o livro didático e a referência.

Os materiais didáticos também mencionam que a cor da pele, cor dos olhos e estatura são *características quantitativas (ou seja, apresentam variação quantitativa)* (ur4), conforme exemplificado na citação anterior, extraída de LDA-br (ver também Quadro 4). Alguns artigos acadêmicos também trazem essa denominação. Han *et al.* (2008, p.1), por exemplo, se referencia em outros trabalhos que consideram a pigmentação da pele humana como um traço quantitativo: “A pigmentação humana é um traço poligênico e quantitativo com alta hereditariedade [Clark *et al.*, 1981; Harrison, 1964]” (Han *et al.* 2008, p. 1, tradução nossa). Todavia, estes documentos de referência são das décadas de 60 e 80 do século XX. Griffiths *et al.* (2013), mais recentemente, também mencionam o fato de essas características serem consideradas traços quantitativos, mas esclarecem que, devido ao fato de serem determinadas por um “complexo” de fatores ambientais e genéticos, prefere-se denominá-las como “traços complexos”:

“Traços como a estatura, que mostram uma faixa de variação contínua e não se comportam da mesma maneira mendeliana simples, são conhecidos como **traços quantitativos** ou **complexos**. Geralmente prefere-se a expressão traço complexo, porque a variação de tais traços é determinada por um “complexo” de fatores genéticos e ambientais” (Griffiths *et al.*, 2013, p. 591).

Portanto, a maioria dos materiais analisados se distancia da referência, ao utilizarem o termo “caracteres quantitativos” referindo-se à determinação da cor da pele (d02) e estatura humana (d03) (Quadro 5). Consideramos esse distanciamento decorrente da mudança de linguagem durante o desenvolvimento e a publicação do conhecimento. Portanto, devido à demora da transposição didática (DTD) (Quessada & Clément, 2007), optou-se por classificá-lo dentre as categorias dos tipos de distanciamento usadas nesta pesquisa como conhecimento não atualizado (CNA).

Quadro 4 – Síntese das unidades de registro (ur) identificadas em materiais didáticos brasileiros (br) e portugueses (pt) a respeito da cor dos olhos (👁), cor da pele (👤) e estatura humana (📏), (LD=livro didático; CSP=Caderno do Estado de São Paulo; dp=desvio padrão; * Menção generalizada, sem se referir especificamente à espécie humana; # Menção da influência do ambiente generalizada à genética quantitativa).

Ur	Descrição da unidade de registro (conhecimentos comumente encontrados nos livros didáticos)		LDA-br#	LDB-br#	LDC-br#	LDD-br	LDE-br#	LDF-br#	LDG-br	LDH-br	LDI-br	CSP-br	LDJ-pt	LDK-pt	LDL-pt	Total
ur1	É uma característica determinada geneticamente	👁	•		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	11
		👤	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•*	•	11
		↕	•	•	•		•	•	•	•	•			•	•	10
ur2	É uma característica determinada por alelos de diversos genes (poligênica)	👁	•		•		•	•	•	•	•			•*	•	9
		👤	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•*	•	11
		↕	•		•		•	•	•	•	•			•*	•	9
ur3	É uma característica que apresenta variação contínua	👁	•					•	•	•	•					5
		👤	•	•				•	•	•	•					6
		↕	•	•				•	•	•	•					6
ur4	É uma característica quantitativa (apresenta variação quantitativa)	👁			•			•	•	•	•					5
		👤	•	•	•	•	•*	•	•	•	•				•	10
		↕	•	•	•		•	•	•	•	•				•	9
ur5	É uma característica não totalmente determinada geneticamente	👁								•						1
		👤	•	•	•		•*	•		•					•	7
		↕	•	•#	•		•	•#		•	•				•	8
ur6	É uma característica influenciada por fatores ambientais	👁								•						1
		👤	•	•	•		•*	•		•					•	7
		↕	•	•#	•		•	•#		•	•				•	8
ur7	Os diversos pares de genes possuem efeito aditivo	👁			•			•	•	•						4
		👤	•	•	•	•	•*	•	•	•						8
		↕			•		•	•	•	•						5
Total de unidades de registro identificadas (Tur)			16	12	16	4	14	19	15	21	14	1	1	6	12	
Σ Tur da amostra do país / n° de LD analisados por país			13 (dp=6,2)										6 (dp=5,5)			

Quadro 5 – Distanciamentos referentes aos conteúdos expressão da cor de olhos, cor da pele e estatura humana encontrados nos materiais de Ensino de Biologia brasileiros e portugueses analisados e a bibliografia de referência.

Comparação entre conhecimentos			Material onde o distanciamento foi identificado		Categorias	
cd	Conhecimentos apresentados pela Bibliografia de Referência	Conhecimentos apresentados nos materiais didáticos do Ensino Médio ou Secundário	BR	PT	Cat _t	Cat _i
d01	A cor dos olhos é determinada por <i>vários genes</i>	<i>Omite a informação</i> apresentada pela referência, restringindo-se a dizer que a cor clara para os olhos é recessiva e a escura, dominante, após abordar herança monogênica.	-	LDJ-pt	OI n=1	ec n=1
d02a	A cor da pele caracteriza-se como um traço <i>complexo</i>	Apresenta a cor da pele como um traço <i>quantitativo</i> , apesar de deixar clara a influência do ambiente na sua determinação.	LDA-br LDB-br LDC-br LDE-br LDF-br LDH-br	LDL-pt	CNA n=7	mc n=7
d02b	A cor da pele caracteriza-se como um traço <i>complexo</i>	Apresenta a cor da pele como um traço <i>quantitativo</i> e ainda não deixa clara a influência do ambiente na sua determinação.	LDD-br LDG-br LDI-br	-	CNA n=3	ec n=3
d03a	A estatura caracteriza-se como um traço <i>complexo</i>	Apresenta a estatura como um traço <i>quantitativo</i> , apesar de mencionar a influência do ambiente na sua determinação, mesmo que indiretamente.	LDA-br LDB-br LDC-br LDE-br LDF-br LDH-br LDI-br	LDL-pt	CNA n=8	mc n=8
d03b	A estatura caracteriza-se como um traço <i>complexo</i>	Apresenta a estatura como um traço <i>quantitativo</i> e ainda não deixa clara a influência do ambiente na sua determinação.	LDG-br	-	CNA n=1	ec n=1
d04	A cor da pele pode ser também determinada por influência do ambiente	<i>Omite a informação</i> apresentada pela referência, restringindo-se a dizer que a cor da pele é determinada geneticamente.	LDD-br LDG-br LDI-br	LDK-pt	OI n=4	ec n=4
d05	A estatura é também determinada por influência do ambiente	<i>Omite a informação</i> apresentada pela referência, restringindo-se a dizer que a estatura é determinada geneticamente.	LDG-br	LDK-pt	OI n=2	ec n=2
\sum n por categorias associadas (somatória do n da associação entre categorias de tipo de distanciamento e categoria de implicação do distanciamento)					\sum n	
					CNA/mc=15	
					CNA/ec= 4	
					OI/ec=7	

cd = código do distanciamento; br = Brasil; pt = Portugal; Cat_t = categorias de tipo de distanciamento encontradas; CNA = conteúdo não atualizado; OI = omissão de informação; Cat_i = categorias de implicações do distanciamento; ec = entraves à compreensão de conhecimentos centrais; mc = mantenedores da essência do conhecimento; n= número de coleções com ocorrência.

Todavia, neste caso, foi considerado que a classificação da implicação desse distanciamento depende não apenas da análise separada dessa unidade de registro (ur4), mas da presença também de outras. Deste modo, foi importante verificar se nos materiais analisados apareciam outras informações complementares que ajudassem os alunos a compreenderem a complexidade, já que o termo *traço complexo* não estava presente. Na prática, durante a análise, isso consistiu em verificar se nesses materiais estavam presentes as seguintes unidades de registro: *são características não totalmente determinadas geneticamente* (ur5) e *são caracteres influenciados por fatores ambientais* (ur6). Como se verifica no Quadro 4, quanto a esse aspecto, pode-se verificar que a maioria dos materiais que consideram as características analisadas como quantitativas (cor da pele = 7 de 10; estatura = 8 de 9; Quadro 4) mencionam informações referentes a tais unidades de registro, como, por exemplo, LDE-br:

“Muitas características dos seres vivos, entre elas a altura, a massa corpórea, a cor etc., resultam do efeito acumulado de vários genes, cada um contribuindo com uma parcela no fenótipo, o que caracteriza um padrão de herança denominado herança quantitativa, ou herança poligênica.

Em geral, nesse tipo de herança, o ambiente também exerce forte influência na manifestação dos fenótipos. [...]” (LDE-br, v3, p. 125).

Outro exemplo é o LDA-br, ao tratar da estatura dos indivíduos:

“Os caracteres quantitativos são também bastante influenciados por fatores ambientais, aumentando ainda mais a gama de variação fenotípica. Um exemplo é a estatura nos seres humanos. Mesmo se considerarmos gêmeos monozigóticos – ou seja, que apresentam o mesmo genótipo –, é possível haver grandes diferenças fenotípicas entre as estaturas deles devido a fatores ambientais a que foram expostos, como alimentação ou a prática de atividade física” (LDA-br, v3, p. 75).

Na bibliografia de referência, estudos recentes comentam sobre a determinação da cor da pele e a estatura humana, ambas relacionadas às influências genéticas e ambientais. Para a cor da pele, Beleza (2013) menciona que a literatura considera que esta característica é de 70 a 90% determinada por herança genética. Dessa forma, a pigmentação da pele não é considerada como 100% geneticamente determinada. Outro estudo também menciona a possível influência de outros fatores nessa coloração, em particular a radiação ultravioleta (Jablonski & Chaplin, 2012). Quanto à variação da estatura humana, segundo He *et al.* (2015), estima-se que esta é cerca de 80 a 90% explicada pela genética. Portanto, esta característica não é considerada totalmente determinada pelo genótipo do indivíduo. Griffiths *et al.* (2013) também abordam a estatura como um traço complexo, influenciado pelo ambiente.

Dessa forma, tanto para cor da pele como para estatura humana, a maioria dos materiais didáticos analisados que abordam a determinação dessas características (respectivamente 7/11 e 8/10; Quadro 4) se aproxima da bibliografia de referência, ao mencionar que elas são traços não totalmente determinados geneticamente (ur5) e influenciados por fatores ambientais (ur6). Todavia, há materiais didáticos que se distanciam da referência, ao não fazerem menção à influência do ambiente na cor da pele (d04) (LDD-br, LDG-br, LDI-br e LDK-pt) ou na determinação da estatura (d05, apresentado por LDG-br e LDK-pt). Assim, esses distanciamentos podem ser categorizados, quanto ao seu tipo, como *omissão de informação* (OI) e, quanto à sua implicação, como *entraves à compreensão de conhecimentos centrais* (ec), pois sem essas informações pode ser reforçado o determinismo genético na compreensão da expressão dessas características. Puig e Aleixandre (2015) também se preocupam com a ausência da menção da influência do ambiente na determinação do fenótipo, como constataram em quatro dos cinco livros espanhóis que analisaram.

Neste momento, é possível retornar e analisar as implicações dos distanciamentos d02 e d03. Assim, conforme apresentamos no Quadro 5, esses distanciamentos referem-se ao fato de materiais didáticos indicarem que a cor da pele (d02) e a estatura humana (d03) são traços quantitativos e não complexos, como indicado na bibliografia de referência. Como a maioria desses materiais didáticos, por outro lado, se aproxima da referência ao mencionar a influência do ambiente e a atuação de vários genes na determinação desta característica, permite a compreensão de elementos importantes da complexidade destes traços, podendo classificar esses distanciamentos (que chamaremos de d02a e d03a) como *mantenedores da essência do conhecimento* (mc). Todavia, naqueles em que não se menciona a influência do ambiente, essa complementação não ocorre, o que não permite a compreensão da complexidade da característica, tornando o distanciamento quanto à sua implicação um *entrase à compreensão de conhecimentos centrais* (ec), por isso, chamado de d02b e d03b.

Quanto à cor dos olhos, apenas LDH-br apresenta taxa de concordância de 99% entre gêmeos idênticos e diz que a *“(...) discordância entre eles [gêmeos idênticos] indica que fatores ambientais atuam na característica”* (LDH-br, v. 3, p. 199). Nos documentos de referência, o estudo de Bito *et al.* (1997) também apresenta resultado similar (98%), apesar de não apresentar as causas para essa variação. Já Zhu *et al.* (2004) encontraram uma taxa de discordância de 8% para a mesma característica, mas supõem que esta não deve ser decorrente de fatores ambientais e sim de erros no tratamento dos dados de pesquisa. Quanto a esse aspecto, consideramos que não está muito claro se há distanciamento entre o conhecimento trazido pela referência e o livro didático, já que não dá para se ter certeza de que a totalidade de 8% anunciada por Zhu *et al.* (2004) é de fato decorrente de erro.

Outra informação comum é que os diversos pares de genes possuem efeito aditivo (ur7). Um exemplo é encontrado no LDC-br. Logo antes de mencionar a cor dos olhos, da pele e a estatura humana como exemplos de herança poligênica, como transcrito acima, o referido material introduz o tópico: “*Poligenia. Nesse caso de interação gênica, dois ou mais pares de alelos somam ou acumulam seus efeitos [...]*” (LDC-br, v.3, p.80). No documento de referência, Griffiths *et al.* (2013), também é mencionado o efeito aditivo em organismos que apresentam variação contínua de base genética, sendo que os autores mencionam a cor dos olhos, da pele e a estatura humana como exemplos de características com esse tipo de variação. Beleza *et al.* (2013) também mostram como resultado de seus estudos um efeito aditivo para a determinação da cor da pele.

Em suma, e como mostra o Quadro 5, duas *categorias de tipo de distanciamento* foram identificadas nesta pesquisa, *omissão de informação* (OI) (n=7) e *conteúdo não atualizado* (CNA) (n=19). A ocorrência desta última categoria está relacionada ao uso do termo *traço quantitativo*, em vez de *traço complexo*. Todavia, quanto à *implicação*, a maioria dessas ocorrências de distanciamento CNA foi considerada na categoria *mantenedores da essência do conhecimento* (mc) (n=15 de 19), pois, apesar de os autores não utilizarem o termo *traço complexo*, trazem informações que levam os alunos a compreenderem a complexidade da herança dessas características, ao mencionar a ação de vários genes e a atuação do ambiente. Porém, quatro ocorrências deste *tipo* foram classificadas como *entraves à compreensão de conhecimentos centrais* (ec), pois não apresentam essas informações que ajudam a compreender a complexidade da expressão das características analisadas. Quanto à outra categoria de tipo de distanciamento identificada (Quadro 5), *omissão de informação* (OI), ela estava também relacionada à omissão dessas informações, sendo seus distanciamentos também classificados quanto às suas implicações como *entraves à compreensão de conhecimentos centrais* (ec), pois a sua ausência não ajuda o aluno a compreender como a expressão destas suas características ocorre.

Os resultados do Quadro 5 mostram que a somatória de tipo de distanciamento, associada à sua categoria de implicação, foi de 15 para CNA/mc (*conhecimento não atualizado / mantenedores da essência do conhecimento*), 4 para CNA/ec (*conhecimento não atualizado / entraves à compreensão de conhecimentos centrais*) e 7 para OI/ec (*omissão de informação / entraves à compreensão de conhecimentos centrais*).

Considerando que a cor da pele, a cor dos olhos e a estatura humana estão entre as características humanas mais presentes nos livros didáticos brasileiros (Prochazka & Franzolin, 2018), são caracteres físicos marcantes em nossa fisionomia e provavelmente despertam o interesse e curiosidade dos estudantes, é importante realizarmos a vigilância epistemológica (Chevallard, 1991) de como estão sendo tratadas. Desconsiderar a atuação poligênica dessas características, assim como a influência do ambiente, consiste em não apresentar, como defende Jacquard (1998), uma realidade complexa. Sendo a maioria das características humanas complexas, apresentá-las como simples não ajudará os estudantes a evitarem o determinismo genético (Dougherty 2009; Jamieson & Radick, 2017).

Porém, vemos nesta pesquisa que, apesar de haver livros que ainda não retratam a complexidade dessas características, a maioria dos autores preocupa-se em mencionar a atuação de vários genes e do meio na expressão dos traços aqui analisados. Todavia, é preciso também atentar-se às demais características mencionadas nos livros, pois pesquisas mostram que a maioria delas são abordadas como características simples tanto em livros didáticos brasileiros, quanto em livros didáticos portugueses (Prochazka & Franzolin, 2018; Silva, Ferreira, & Carvalho, 2009b, 2010, 2011).

Em geral, nota-se que nos materiais brasileiros há um maior detalhamento relacionado à expressão das características analisadas, totalizando uma média de 13 unidades de registro encontradas (dp=6,2), enquanto nos materiais portugueses essa média foi de 6 unidades de registro encontradas (dp=5,5) (Quadro 4). A referência à influência do ambiente foi encontrada em uma proporção maior no contexto brasileiro (em 6/10 (=0,6) dos materiais-br e 1/3 (=0,3) dos materiais-pt ao falarem sobre cor da pele, e 7/10 (=0,7) dos materiais-br e 1/3 (=0,3) dos materiais-pt ao falarem sobre estatura humana). Nota-se ainda que há materiais que não aparecem no Quadro 5, como o caderno do Estado de São Paulo, em que não foram encontrados distanciamentos pelo fato de que os conteúdos analisados estão praticamente ausentes desses materiais (ver Quadro 4). Utilizando o modelo KVP para explicar esses dados, verificaram-se possíveis influências e explicações para tais aproximações e distanciamentos: 1) a preocupação crescente em evitar a visão determinista da Genética pelos livros didáticos brasileiros; 2) a matematização na constituição da disciplina Biologia; 3) a influência dos currículos; 4) a avaliação dos livros didáticos no contexto brasileiro e português; e 5) a constituição étnica da população brasileira. Estas serão individualmente explicadas.

A preocupação crescente em evitar a visão determinista da Genética pelos livros didáticos brasileiros: a prática de mencionar a influência do ambiente na expressão da cor da pele e na estatura humana parece

estar relacionada a valores, que se expressam na preocupação de permitir uma visão da complexidade genética, evitando uma visão determinista. A partir da análise vertical dos livros didáticos (ver Metodologia), foi verificado, no contexto brasileiro, que essa prática foi se reforçando no decorrer dos anos. Por exemplo, o tópico sobre Genética quantitativa mencionando a cor da pele, cor dos olhos e estatura humana aparece nas edições de 1975 dos autores de LDE-br e na edição de 1980 dos autores de LDC-br, mas não se aborda no tópico a influência do ambiente, apesar de já fazê-lo em outros tópicos do livro. Mas o aumento da preocupação é notável quando, em edições posteriores (1994 de LDC-br e 1988 de LDE-br), ao trazerem tais características para exemplificar a herança quantitativa, os autores dizem que a variação contínua depende também de fatores ambientais, e não apenas dos genes do indivíduo. Portanto, percebe-se que, no decorrer das edições, foi surgindo a preocupação de reforçar a importância do ambiente e da interação gênica, tentando evitar o determinismo genético.

A matematização na constituição da disciplina Biologia: Na análise vertical, foi constatado que a prática de abordar a expressão da cor da pele, da cor dos olhos e da estatura aparece com o tempo para exemplificar a herança quantitativa. Portanto, a preocupação inicial era ensinar esses padrões de herança e não necessariamente ensinar como as características humanas analisadas eram expressas. A abordagem dessas características surge nos livros anteriores como bons exemplos para explicar tais padrões de hereditariedade. Essa preocupação inicial em ensinar a herança quantitativa, assim como outros padrões de herança e a genética de populações, pode ser decorrente da valorização da matematização da Biologia. Na constituição da Ciência Biologia, o uso de modelos matemáticos e experimentais foi importante para a aquisição de *status* para essa nova ciência no começo do século XX (Marandino, Selles, & Ferreira, 2009). Nos livros analisados no presente estudo, foi observado que a preocupação em falar sobre padrões de expressão mencionando a variação contínua ou a herança quantitativa aparece em livros brasileiros da década de 30 e 40 (Mello Leitão, 1940; Rialva, 1931). Não se encontraram disponíveis todos os livros de Mello Leitão para a análise, mas a literatura aponta que seus livros foram utilizados largamente em todo Brasil (Bizzo, Monteiro, Lucas, & Bianco, 2012). Mais especificamente sobre a utilização da cor da pele e dos olhos como exemplos para o tratamento do tema variação contínua determinada pela ação de vários genes, a referência mais antiga, encontrada nos livros brasileiros analisados, data da década de 50 e estava presente no livro didático de Barros (1956). Essa matematização pode ser mantida no contexto brasileiro pela forte preocupação em preparar no Ensino Médio alunos que depois estejam preparados para passar nos vestibulares e demais exames de ingresso para o Ensino Superior (MEC, 2006). A habilidade de resolução de cálculos no ensino de Genética é exigida nestes exames (Temp & Bartholomei-Santos, 2015) e também nos livros didáticos que apresentam uma série de questões retiradas dos vestibulares.

A influência dos currículos: Como já mencionado, apenas uma das três coleções de livros portugueses analisadas (LDL-pt) menciona a influência do ambiente e da interação gênica na expressão das características investigadas. Percebe-se que essas características aparecem muito brevemente nos demais livros (LDJ-pt e LDK-pt), não estando associadas à herança quantitativa. Na análise vertical dos livros portugueses, foi notado que a herança quantitativa deixou de ser valorizada no decorrer dos anos. Antes do ano de 1993, os autores de LDK-pt publicaram, com a mesma editora, uma outra coleção, onde esse conteúdo era abordado na cor da pele, cor dos olhos e estatura humana. A influência do meio também era mencionada, porém em tópico separado. Todavia, nas edições posteriores a 1993, o tópico “hereditariedade humana”, juntamente com o conteúdo de herança quantitativa, acaba sendo retirado, tendo-se inserido outros conteúdos valorizados em seu lugar. Nas edições posteriores ao ano de 2003, também não aparece mais o tópico “hereditariedade e ambiente”, que passa a ser substituído por questões sobre influências do meio nas mutações e câncer. Estes novos tópicos certamente são relevantes; todavia, não se verificam indícios da preocupação em evitar o determinismo genético por parte dos autores, que passam a utilizar o termo “programa genético” para a expressão das características humanas analisadas nesta pesquisa. Em Portugal, o currículo obrigatório exerce grande influência no que é ensinado, inclusive nos livros didáticos. Ao analisar o currículo português de Biologia para o 12.º Ano (Ministério da Educação, 2004), foi verificado que não há a mesma preocupação com a matematização que encontramos nos livros brasileiros, o que pode explicar a não manutenção da Genética quantitativa no currículo. Primeiramente, não há qualquer observação expressa sobre o ensino desse tópico. Ademais, esse documento enfatiza que “a resolução de exercícios de papel e lápis não deverá ser tomada como um fim em si mesmo, mas antes um meio para que os alunos compreendam como é possível interpretar e prever a transmissão de algumas características”; ademais recomenda evitar “a resolução de exercícios que envolvam três ou mais pares de alelos” e “a resolução de exercícios sobre epistasia” (Ministério da Educação, 2004, p. 19-21). No Brasil, vemos que o Caderno do Estado de São Paulo (CSP) também não apresenta a mesma preocupação com a herança quantitativa e o mesmo pode ser notado no Currículo do Estado de São Paulo (SEE/SP, 2012), no qual este material foi embasado, onde esse tópico não é encontrado nem nos conteúdos, nem nas habilidades a serem desenvolvidas. Percebe-se que, nesses materiais que não abordam a Genética quantitativa, poucas informações sobre as características analisadas foram encontradas, reforçando a ideia mencionada no item

acima, de que essas características aparecem mais com o propósito de exemplificar a Genética quantitativa e, portanto, quando esse conteúdo não está presente, nem aparecem ou são tratadas muito brevemente.

A avaliação dos livros didáticos no contexto brasileiro e português: Os resultados aqui encontrados também podem representar um reflexo da prática de realizar processos avaliativos dos livros didáticos. No Brasil, temos a avaliação do PNLD, que pode estar influenciando na preocupação dos autores em evitar o determinismo genético para prevenir que suas obras sejam reprovadas. Vale destacar que acadêmicos da área de Ensino de Biologia que possuem publicações que se relacionam com o tema participaram das avaliações do PNLD (Rocha *et al.*, 2007; Gericke *et al.*, 2012). Pesquisadores já constataram que esses processos avaliativos possuem influência na melhora dos livros didáticos. Um exemplo bem documentado está relacionado com a presença de instruções errôneas para acidentes ofídicos, que estavam presentes nas edições anteriores ao início da avaliação do PNLD e hoje já não estão mais presentes nestes materiais didáticos (Bizzo *et al.*, 2012). Assim como nesse caso, com relação ao determinismo genético, autores e editores devem estar atentos às demandas dos avaliadores. O mesmo se aplica aos autores de livros didáticos portugueses. Em Portugal, os livros didáticos passam por uma avaliação e certificação por comissões de avaliação selecionadas pelo Ministério da Educação (Lei n. 47, 2006).

A constituição étnica da população brasileira: Ainda com relação aos valores, um possível fator influenciador seria a preocupação com a discriminação das diferenças relacionadas às variedades fenotípicas em ambos os contextos, brasileiro e português. No Brasil, a população se caracteriza pela miscigenação em sua constituição, o que pode ter propiciado maiores preocupações sobre a coexistência de diferentes etnias, o que não se verifica com tanta relevância em Portugal. Tal preocupação pode ser identificada nos movimentos eugênicos do início do século XX, que influenciaram a presença do ensino de Genética nos livros didáticos (Bizzo, 1995). Por outro lado, a mesma preocupação está presente no combate à discriminação das diferenças, expressa Constituição da República Federativa do Brasil (1988). A não distribuição de livros didáticos que apresentem qualquer forma de preconceito e discriminação foi um dos primeiros critérios para avaliação do Programa Nacional do Livro Didático de 1996 (Brasil, 2017). Hoje, em 2019, é preciso estar atento pela manutenção desses critérios de análise diante de um país onde valores contraditórios estão fortemente em discussão. Já Portugal é tradicionalmente um país de emigração, e apenas recentemente tem vindo a ser um país receptor de alguma imigração. Essa tradição deve explicar o fato de dados como cor da pele e registros de grupos “raciais” e “étnicos” demorarem a aparecer nas estatísticas oficiais portuguesas, estando ausentes dos censos populacionais recentes. Ademais, eram raras as pesquisas relacionadas à imigração e ao racismo até meados da década de 90, quando questões relacionadas à diversidade começaram a ser preocupação (Cabecinhas, 2003).

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar a transposição didática de alguns exemplos de expressão de características humanas comuns nos materiais didáticos, esta pesquisa verificou que a maioria dos livros didáticos analisados se aproxima da bibliografia de referência ao se observar que a cor dos olhos, a cor da pele e a estatura humana são características determinadas por diversos genes. Mais da metade dos materiais analisados menciona a influência do ambiente na determinação da expressão fenotípica dessas características humanas, menção proporcionalmente mais presente em materiais brasileiros do que em materiais portugueses. Nos livros onde não há essa informação, identifica-se a categoria de distanciamento denominada *omissão de informação*, neste caso, classificada quanto à sua implicação como *entreve à compreensão de conhecimentos centrais*.

Ademais, a maioria das ocorrências de distanciamentos refere-se à categoria *conteúdo não atualizado*, pois se trata do uso do termo “traço quantitativo” e não “traço complexo”. Porém, quanto à implicação, a maioria das ocorrências desse tipo foi considerada como *mantenedora da essência do conhecimento*, pois, mesmo não usando o termo mais atualizado, traz informações que ajudam a compreender a complexidade, como a ação de vários genes e a influência do ambiente. Todavia, como esse fato não ocorre em todos os materiais analisados, parte das ocorrências foram consideradas como *entraves à compreensão de conhecimentos centrais*.

Comparando livros de diferentes períodos e regiões, Brasil e Portugal, verificou-se maior detalhamento na abordagem das características analisadas e a maior preocupação com a menção da influência do ambiente nos materiais do Brasil. Considerando o modelo KVP (Clément, 2006), foram verificados alguns dos fatores que podem influenciar tais resultados: 1) a valorização da abordagem menos determinista da Genética nos livros brasileiros ao longo dos anos; 2) a valorização e prática do tratamento matemático da Genética nos livros brasileiros, que faz com que tais características sejam tratadas com mais detalhes nos livros deste contexto, diferentemente da maioria dos livros portugueses, que não se preocupam mais em tratar a Genética quantitativa; 3) a influência dos currículos na escolha do que é ensinado nos livros

didáticos, os quais não defendem o ensino da herança quantitativa ou complexa, influenciando o Caderno do Aluno do Estado de São Paulo e os livros didáticos portugueses, que acabam, em maioria, não abordando este conteúdo; 4) as avaliações de livros didáticos pelos governos do Brasil e de Portugal, que podem propiciar uma atenção maior dos autores para evitar o determinismo genético; e 5) a preocupação em se evitar preconceitos na população brasileira, composta por diferentes grupos étnicos.

Estes resultados conduzem à conjuntura de que a abordagem de tais características humanas surge mais por estas serem exemplos ilustrativos para tratar a Genética matematicamente, do que pelo interesse por fazer o aluno compreender como as características humanas são determinadas. Todavia, fatores como a avaliação da qualidade dos livros didáticos, a preocupação em evitar o determinismo genético, a discriminação ou o preconceito podem estar atrelados a uma maior preocupação em falar sobre múltiplos fatores na expressão das características humanas analisadas. Em outros casos, os currículos podem estar influenciando a não abordagem da Genética quantitativa e aspectos correlatos.

Em suma, análises e a vigilância epistemológica do processo de transposição didática (Chevallard, 1991), como a aqui realizada, propiciam reflexões sobre a pertinência do conhecimento ensinado; junto, o modelo KVP introduzido por Clément (2006) auxilia na reflexão sobre possíveis valores e práticas associados a esse processo de transposição didática. Nesta e em outras pesquisas (Clément & Castéra, 2013; Prochazka & Franzolin, 2018; Silva, Ferreira, & Carvalho, 2009a), foram encontrados aspectos a serem melhorados para se evitar o determinismo genético, já que há livros que se distanciam da bibliografia de referência, principalmente omitindo informações, o que pode causar entraves à compreensão central dos conteúdos.

Diferentemente do verificado com relação a outras características humanas (Prochazka & Franzolin, 2018; Baiotto & Loreto, 2018), ao analisarmos a cor da pele, a cor dos olhos e a estatura humana, percebemos que a maioria dos livros não trata essas características como monogênicas ou com herança simples. Mas isso estaria mais relacionado à preocupação de exemplificar a Genética quantitativa e ensinar padrões de herança. Todavia, defende-se aqui que o ensino da complexidade genética deveria estar mais presente nos livros. Conforme afirma Dougherty (2009), isso propicia uma abordagem menos determinista, defendida na literatura (Canguilhem, 2009; Jacquard, 1988; Jacquard & Kahn, 2001; Lewontin, Rose, & Kamin, 1984). Dessa forma, podem-se evitar, como afirma Jacquard (1998), explicações simplistas para realidades complexas. Conforme já comentado, explicações dessa natureza podem inclusive induzir a pensamentos eugênicos, em um contexto onde, com o avanço da Biologia Molecular, temos a possibilidade manipular embriões e selecionar determinadas características em detrimento de outras (Bizzo, 1998b). Dessa forma, destaca-se a importância das tendências de educação científica atuais que, dentro de uma abordagem chamada Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), visam discutir temas como esses, que envolvem as conexões e os impactos da Ciência e da Tecnologia na sociedade, conectando-a com a abordagem de Questões Sociocientíficas, onde os alunos desenvolvem sua argumentação na discussão sobre ética em tais assuntos controversos e polêmicos (Chowdhury, 2016; Sousa & Gehlen, 2017).

Por fim, nesta pesquisa pretendemos contribuir para alertar que nem todos os materiais analisados apresentam a preocupação de propiciar aos jovens a possibilidade de compreenderem que as características fenotípicas humanas são complexas, e que os genes não são os únicos determinantes da expressão fenotípica. Mesmo que não seja de grande interesse dos currículos ou materiais didáticos trabalharem com a matematização da Genética e abordarem especificamente a Genética quantitativa, é importante que fique claro para os estudantes que as características humanas não são determinadas apenas por um par de genes, e que a influência do ambiente é relevante nesse processo. Características humanas como as analisadas nesta pesquisa são muito evidentes para os alunos e é provável que, ao iniciar seus estudos sobre Genética, queiram compreender como estas são determinadas. Para que isso realmente ocorra, é necessário enfatizar a atuação de vários genes e do ambiente em sua expressão. Um estudo subsequente sobre as concepções que os jovens têm antes e após a aprendizagem da expressão fenotípica, utilizando os livros didáticos atuais, será uma forma de confirmar as preocupações suscitadas pela presente pesquisa.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) ao Processo: 2015/09970-8 e ao Projeto Estratégico Português UID/CED/00317/2019 do CIEC (Centro de Investigação em Estudos da Criança) da Universidade do Minho (FCT R&D unit 317).

REFERÊNCIAS

- Abd-El-Khalick, F., Myers, J. Y., Summers, R., Brunner, J., Waight, N., Wahbeh N... Belarmino, J. (2017). A longitudinal analysis of the extent and manner of representations of nature of science in U.S. High School Biology and Physics textbooks. *Journal of research in science teaching*, 54(1), 82-120. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/tea.21339>
- Almeida, P., Figueiredo, O., & Galvão, C. (2012). A argumentação em tarefas de manuais escolares portugueses de Biologia e de Geologia. *Investigações em ensino de Ciências*, 17(3), 571-591. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/172>
- Alves, G., & Carvalho, G. S. (2007). Reproduction and sex education in portuguese Primary School textbooks: a poor contribution to scientific learning. In *International meeting on critical analysis of school Science textbook*, Hammamet, Tunisie.
- Andrade, P.C. (2004). *Concepções sobre diversidade de orientações sexuais veiculada nos livros didáticos e paradidáticos de Ciências e Biologia*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA. Recuperado de <https://ppgefhc.ufba.br/pt-br/concepcoes-sobre-diversidade-de-orientacoes-sexuais-veiculadas-em-livros-didaticos-e-paradidaticos>
- Archibald, A. D., Smith, M. J., Burgess, T., Scarff, K. L., Elliott, J., Hunt C. E... Amor, D. J. (2017). Reproductive genetic carrier screening for cystic fibrosis, fragile X syndrome, and spinal muscular atrophy in Australia: outcomes of 12,000 tests. *Genetics in Medicine*, 20, 513–523. <https://dx.doi.org/10.1038/gim.2017.134>
- Baiotto, C. R., & Loreto, É. L. S. (2018). Caracteres humanos herdados utilizados no ensino de Genética em livros didáticos. *Acta Scientiae*, 20(4), 593-609. <https://dx.doi.org/10.17648/acta.scientiae.v20iss4id4095>
- Ball, D., & Feiman-Nemser, S. (1988). Using textbooks and teachers' guides: a dilemma for beginning teachers and teacher educators. *Curriculum Inquiry*, 18(4), 401-423. <https://dx.doi.org/10.2307/1179386>
- Bardin, L. (2007). *Análise de conteúdo*. Lisboa, Portugal: Edições 70.
- Barros, A. (1956). *Curso de Biologia: Biologia Geral - Noções de higiene e Zoologia*. (Vol.2). São Paulo, SP: Companhia Editora Nacional.
- Batisteti, C. B., Caluzi J. J., Araújo, E. S. N., & Lima, S. G. (2007). A abordagem histórica do sistema do grupo sanguíneo ABO nos livros didáticos de Ciências e Biologia. In *Anais do 6º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, SC, Brasil. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p818.pdf>
- Beleza, S., Johnson, N. A., Candille, S. I., Absher, D. M., Coram, M. A., Lopes, J... Tang, H. (2013). Genetic architecture of skin and eye color in an African-European admixed population. *PLoS Genetics*, 9(3), 1-15. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pgen.1003372>
- Bizzo, N. (1995). Eugenia: quando a Biologia faz falta ao cidadão. *Cadernos de Pesquisa*, (92), 38-52. Recuperado de <http://publicacoes.fcc.org.br/ojs/index.php/cp/article/view/857/864>
- Bizzo, N. (1998a). O paradoxo social-eugênico e os professores: ontem e hoje. In A. Chassot, & J. R. Oliveira (Orgs.), *Ciência, ética e cultura na educação* (pp.165-189). São Leopoldo, RS: Unisinos.
- Bizzo, N. (1998b). *Ciências: fácil ou difícil?* São Paulo, SP: Ática.
- Bizzo, N., Monteiro, N., Lucas, M., & Bianco, A. (2012). Corrected science textbooks and snakebite casualties in Brazil: 1993-2007. *Science Education International*, 23(3), 286-298.
- Boerwinkel, D. J., Yarden, A., & Waarlo, A. J. (2017). Reaching a consensus on the definition of genetic literacy that is required from a twenty-first-century citizen. *Science & Education*, 26(10), 1087-1114. <https://dx.doi.org/10.1007/s11191-017-9934-y>
- Borges, J. B. Um arco-íris em você. (2009). *Ciência Hoje*. Recuperado de <http://cienciahoje.org.br/coluna/um-arco-iris-em-voce/>

- Cabecinhas, R. (2003). Categorização e diferenciação: A percepção do estatuto social de diferentes grupos étnicos em Portugal. Universidade do Minho, Instituto de Ciências Sociais, *Cadernos do Noroeste, Sociedade e Cultura*, 5, 69-91. Recuperado de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/1591>
- Camargo, S. S., & Infante-Malachias, M. E. (2007). A genética humana no Ensino Médio: algumas propostas. *Genética na Escola*, 2(1), 14-16. Recuperado de https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_213a6a6514ba4157b7327c516b634d33.pdf
- Carmo, J. S., Almeida, R. O. E., & Arteaga, J. S. (2013). Abordagens de anemia falciforme em livros didáticos de biologia: em foco racismo científico e informações estigmatizantes relacionadas à doença. In *Anais do 9º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Águas de Lindóia, SP, Brasil. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1347-1.pdf>
- Carvalho, G. S., & Clément, P. (2007). Projecto “Educação em biologia, educação para a saúde e educação ambiental para uma melhor cidadania”: análise de manuais escolares e concepções de professores de 19 países (europeus, africanos e do próximo oriente). *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(2). Recuperado de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/7775>
- Casagrande, G. L. (2006). *A Genética humana no livro didático de Biologia*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88524>
- Castéra, J., Abrougui, M., Nisiforou, O., Valanides, N., Turcinaviciene, J., Sarapuu, T... Carvalho, G. (2008). Genetic determinism in school textbooks: a comparative study conducted among sixteen countries. *Science Education international*, 19(2), 163-184. Recuperado de <https://eric.ed.gov/?id=EJ890631>
- Castéra, J., Bruguière, C., & Clément, P. (2008). Genetic diseases and genetic determinism models in French secondary school biology textbooks. *Journal of Biological Education*, 42(2), 53-59. <https://dx.doi.org/10.1080/00219266.2008.9656111>
- Castéra, J., Clément, P., Abrougui, M., Aouina, F., Khalil, I., Yammine, N... Carvalho, G. S. (2007). Images of twins and the notion of genetic program in the school textbooks of biology. A comparative study held among 16 countries. In *International meeting on critical analysis of school science textbook*. Hammamet, Tunisie.
- Castéra, J., Clément, P., & Sarapuu, T. (2014). Le déterminisme génétique, conceptions de lycéens français et estoniens. *Skholê: cahiers de la recherche et du développement*, 18(1), 89-98. Recuperado de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01024275/document>
- Castéra, J., & Clément, P. (2014). Teachers' conceptions about the genetic determinism of human behaviour: a survey in 23 countries. *Science & Education*, 23, 417-443. <https://dx.doi.org/10.1007/s11191-012-9494-0>
- Carver, R., Castéra, J., Gericke, N., Evangelista, N., & El-Hani C. (2017). Young adults' belief in genetic determinism, and knowledge and attitudes towards modern genetics and genomics: The PUGGS questionnaire. *PLoS ONE*, 12(1), 1-24. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0169808>
- Chapman, R., Likhanov, M., Selita, F., Zakharov, I., Smith-Woolley, E., & Kovas, Y. (2019). New literacy challenge for the twenty-first century: genetic knowledge is poor even among well educated. *Journal of Community Genetics*, 10(1), 73-84. <https://dx.doi.org/10.1007/s12687-018-0363-7>
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires, Argentina: Aique.
- Chevallard, Y., & Bosch, M. (2014). Didactic transposition in mathematics education. In S. Lerman (Ed.) *Encyclopedia of Mathematics Education*, Springer Science Business Media Dordrecht. https://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-4978-8_48
- Chowdhury, M. A. (2016). The integration of science-technology-society/science-technology-society environment and socio-scientific-issues for effective science education and science teaching. *Electronic*

Journal of Science Education, 20(5), 19-38. Recuperado de <http://ejse.southwestern.edu/article/view/16006>

Clément, P. (2006). Didactic transposition and KVP model: conceptions as interactions between scientific knowledge, values and social practices. In *ESERA Summer School*. Braga, Portugal.

Clément, P. (2013). Le délai de transposition didactique (DTD) dans les Livres du maître. exemples en Biologie. In *9ème Journée Pierre Guibbert: manuels scolaires: livres du maître, de l'élève, des savoirs*. Montpellier, France: Université Montpellier.

Clément, P., & Castéra, J. (2013). Multiple representations of human genetics in biology textbooks. In D. F. Treagust & C. Y. Tsui (Eds.). *Multiple representations in biological education*, (7), 147-164. https://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-4192-8_9

Constituição da República Federativa do Brasil. (1988, 05 de outubro). Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm

Dougherty, M. J. (2009). Closing the gap: inverting the genetics curriculum to ensure an informed public. *The American Journal of Human Genetics*, 85(1), 6-12. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ajhg.2009.05.010>

Dougherty, M. J., Lontok, K. S., Donigan, K., & McInerney, J. D. (2014). The critical challenge of educating the public about genetics. *Current Genetic Medicine Report*, 2(2), 48-55. <https://dx.doi.org/10.1007/s40142-014-0037-7>

Flodin, V. (2009). The necessity of making visible concepts with multiple meanings in science education: the use of the gene concept in a Biology textbook. *Science & Education*, 18(1), 73-94. <https://dx.doi.org/10.1007/s11191-007-9127-1>

Forquin, J. C. (1992). Saberes escolares, imperativos didáticos e dinâmicas sociais. *Teoria e Educação*, Porto Alegre, (2), 28-49.

Franzolin, F. (2007). *Conceitos de Biologia na educação básica e na academia: aproximações e distanciamentos*. (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-31052007-123123/pt-br.php>

Franzolin, F. (2012). *Conhecimentos básicos de Genética segundo professores e docentes e sua apresentação em livros didáticos e na academia: aproximações e distanciamentos*. (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-23082012-093226/pt-br.php>

Franzolin, F., & Bizzo, N. (2015). Types of deviation in genetics knowledge presented in textbooks relative to the reference literature. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 167, 223-228. <https://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.666>

Franzolin, F., Silva, A. P. Z., Prochazka, L. S., Ferreira, C., & Carvalho, G. S. (2017). Human genetics and didactic transposition: the expression of skin color, eye color, and height in Brazilian and Portuguese textbooks. *Conexão Ciência*, 12, 185-192. Recuperado de <https://periodicos.uniforg.edu.br:21011/ojs/index.php/conexaociencia/article/view/829>

Franzolin, F., Tolentino Neto, L., & Bizzo, N. (2014). Generalizações que distanciam os conhecimentos dos livros didáticos das referências em Genética. *Genética na Escola*, (9), 92-103. Recuperado de https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_28072aad631242f1a439327e8dc5c52c.pdf

Gaudelli, N. M., Komor, A. C., Rees, H.A., Packer, M. S., Badran, A. H., Bryson, D. I., & Liu, D. R. (2017). Programmable base editing of A•T to G•C in genomic DNA without DNA cleavage. *Nature*, 551, 464-471. <https://dx.doi.org/10.1038/nature24644>

Gericke, N., Carver, R., Castéra, J., Evangelista, N. A. M., Marre, C. C., & El-Hani, C. N. (2017). Exploring relationships among belief in genetic determinism, genetics knowledge, and social factors. *Science & Education*, 26(10), 1223-1259. <https://dx.doi.org/10.1007/s11191-017-9950-y>

- Gericke, N., & Hagberg, M. (2007). The phenomenon of gene function as described in textbooks for upper secondary school in Sweden - a comparative analysis with historical models of gene function. In *International meeting on critical analysis of school Science textbook*. Hammamet, Tunisie.
- Gericke, N., Hagberg, M., Santos, V. C., Joaquim, L. M., & El-Hani, C. N. (2012). Conceptual variation or incoherence? Textbook Discourse on Genes in Six Countries. *Science & Education*, 23(2), 381-416. <https://dx.doi.org/10.1007/s11191-012-9499-8>
- Goyal, A., Kwon, H. J., Lee, K., Garg, R., Yun, S. Y., Kim, Y. H.... Lee, M. S. (2017). Ultra-fast next generation human genome sequencing data processing using DRAGEN™Bio-IT Processor for Precision Medicine. *Open Journal of Genetics*, 7, 9–19. <https://dx.doi.org/10.4236/ojgen.2017.71002>
- Griffiths, A. J. F., Miller, J. H., Suzuki, D. T., Lewontin, R. C., & Gelbart, W. M. (2006). *Introdução à genética*. (8a ed.). Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan.
- Griffiths, A. J. F., Wessler, S. R., Lewontin, R. C., & Carroll, S. B. (2013). *Introdução à genética*. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan.
- Griffiths, A. J. F., Wessler, S. R., Lewontin, R. C., Gelbart, W. M., Suzuki, D. T., & Miller, J. H. (2005). *Introduction to genetic analysis*. (8th ed.). New York, NY: W.H Feeman.
- Han, J., Kraft, P., Nan, H., Guo, Q., Chen, C., Qureshi, A...Hunter, D. (2008). A genome-wide association study identifies novel alleles associated with hair color and skin pigmentation. *PLoS Genetics*, 4(5). <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pgen.1000074>
- He, M., Xu, M., Zhang, B., Liang, J., Chen, P., Lee, J... Qi, L. (2015). Meta-analysis of genome-wide association studies of adult height in East Asians identifies 17 novel loci. *Human Molecular Genetics*, 24(6), 1791–1800. <https://dx.doi.org/10.1093/hmg/ddu583>
- Jablonski N. G., & Chaplin, G. (2012). Human skin pigmentation, migration and disease susceptibility. *Philosophical Transactions of Royal Society B*, (367), 785–792. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0308>
- Jacquard, A. (1988). *Elogio da diferença*. São Paulo, SP: Livraria Martins Fontes.
- Jacquard, A., & Kahn, A. (2001). *O futuro não está escrito*. Lisboa, Portugal: Instituto Piaget.
- Jamieson, A., & Radick, G. (2017). Genetic determinism in the genetics curriculum. *Science & Education*, 76. <https://dx.doi.org/10.1007/s11191-017-9900-8>
- Joaquim, L., & El-Hani, C. (2010). A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. *Scientiae Studia*, 8(1), 93-128. <https://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662010000100005>
- Lei n. 47, de 28 de agosto de 2006. *Define o regime de avaliação, certificação e adoção dos manuais escolares do ensino básico e do ensino secundário, bem como os princípios e objectivos a que deve obedecer o apoio sócio- -educativo relativamente à aquisição e ao empréstimo de manuais escolares*. Recuperado de https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ManuaisEscolares/2006_lei_47.pdf
- Lewontin, R. C., Rose, S., & Kamin, L. (1984). *Not in our genes: Biology, ideology and human nature*. New York, NY: Pantheon Books.
- Liu, F., Visser, M., Duffy, D., Hysi, P. G., Jacobs, L., Lao, O...Kayser M. (2015). Genetics of skin color variation in Europeans: genome-wide association studies with functional follow-up. *Human Genetics*, (134), 823–835. <https://doi.org/10.1007/s00439-015-1559-0>
- Marandino, M., Selles, S. E., & Ferreira, M. S. (2009). *Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos*. São Paulo, SP: Cortez.
- Marshall. C., & Rossman, G. B. (2006). *Designing Qualitative Research*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

- Martinand, J. (2003). La question de la référence en didactique du Curriculum. *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(2), 125-130. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/543/338>
- Martins, L., Santos, G. S., & El-Hani, C. N. (2012). Abordagens de saúde em um livro didático de biologia largamente utilizado no Ensino Médio brasileiro. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(1), 249-283. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/215/149>
- MEC (2006). *Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. (Vol. 2). Brasília, DF: Ministério da Educação.
- Mello Leitão, C. (1940). *Biologia geral: de acordo com os programas dos cursos pre-universitários - 2ª série*, São Paulo, SP: Companhia Editora Nacional.
- Ministerio da Educação. (2004). *Biologia - 12º. ano: Cursos Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologia*. Lisboa, Portugal.
- Pinho, M. J. S. (2009). *Gênero em biologia no ensino médio: uma análise de livros didáticos e discurso*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA. Recuperado de <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/10997>
- Prochazka, L. S., & Franzolin, F. (2018). A genética humana nos livros didáticos brasileiros e o determinismo genético. *Ciência & Educação*, 24, 111-124. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320180010008>
- Pschisky, A. (2003). *Grupos sanguíneos humanos nos livros didáticos de biologia: análise de conteúdo*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/85330>
- Puig, B., & Aleixandre, M. P. J. (2015). El modelo de expresión de los genes y el determinismo en los libros de texto de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 55-65. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2902>
- Quessada, M. P., & Clément, P. (2007). An epistemological approach to French syllabi on human origins during the 19th and 20th centuries. *Science & Education*, 16(9-10), 991-1006. <https://dx.doi.org/10.1007/s11191-006-9051-9>
- Rialva, R. A. (1931). *Noções de Biologia Geral*. Rio de Janeiro, RJ: F. Briguiet & Cia.
- Rocha, P., Roque, N., Vanzela, A., Souza, Â., Marques, A., Viana, B... El-Hani, C. N. (2007). Brazilian High School Biology textbooks: main conceptual problems in Genetics and Cell & Molecular Biology. In *International meeting on critical analysis of school Science textbook*, Hammamet, Tunisie.
- Rodrigues, M. R., Justina, L. A. D., & Meglhioratti, F. A. (2011). O conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do Ensino Médio. *Revista Ensaio*. 13(2), 65-84. <https://dx.doi.org/10.1590/1983-21172011130205>
- SEE/SP - Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. (2012). *Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias*. São Paulo, SP: Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. Recuperado de <http://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/780.pdf>
- SEE/SP - Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. (2014). *Caderno do aluno: Ensino Médio, Biologia, Ciências da Natureza*. (Vol. 1 e 2). São Paulo, SP: Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.
- Shaaban, E., Khalil, I., & Trouche, L. (2015). Interactions between digital resources and Biology teachers' Conceptions about genetic determinism: a case study of two Lebanese teachers. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4(10), 1190-1200. Recuperado de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01539516>
- Shapiro, J. A. (2010). Mobile DNA and evolution in the 21st century. *Mobile DNA*, 1(4). <http://dx.doi.org/10.1186/1759-8753-1-4>

- Silva, C., Ferreira, C., & Carvalho, G. S. (2009a). Genética humana em manuais escolares de 14 países: análise do determinismo genético e de anomalias genéticas. In *Anais do Congresso nacional de educação para a saúde*. Évora, Portugal.
- Silva, C, Ferreira, C., & Carvalho, G. S. (2009b). Doenças Genéticas e Determinismo genético em manuais escolares: Comparação entre Portugal e França. In 5º Seminário Internacional, 2º Ibero Americano de Educação Física, Lazer e Saúde. Ponta Delgada, Portugal
- Silva, C, Ferreira, C., & Carvalho, G. S. (2010). Que relevância é dada à influência do ambiente na expressão das doenças genéticas multifactoriais nos manuais escolares portugueses e franceses? In 3º Congresso Nacional de Educação para a Saúde e 1º Congresso Luso-Brasileiro de Educação para a Saúde. Covilhã, Portugal.
- Silva, C, Ferreira, C., & Carvalho, G. S. (2011). Doenças genéticas e determinismo genético em manuais escolares: comparação entre Portugal e França. In *Anais do Saúde, Cultura e Sociedade (Actas do VI Congresso Internacional)* (p. 294-309). Maia, Portugal. Recuperado de <http://hdl.handle.net/1822/12657>
- Solbes, J., Calatayud, M. L., Climent, J. B., & Navarro, J. (1987). Diseño de un currículum para la introducción del modelo atómico cuántico. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(n.extra), 309-310.
- Sousa, P. S. de, & Gehlen, S. T. (2017). Questões sociocientíficas no ensino de Ciências: algumas características das pesquisas brasileiras. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 19, e2569. <https://dx.doi.org/10.1590/1983-21172017190109>
- Temp, D. S., & Bartholomei-Santos, M. L. (2015). Genética e ingresso nas universidades: quais conteúdos e habilidades são exigidos? *Revista Ensino de Ciências*, 6(1), 67-84. Recuperado de <http://www.latec.ufrj.br/revistas/index.php?journal=ensinodeciencias&page=article&op=view&path%5B%5D=663>
- Zhao, S., Xiang, J., Fan, C., Asan, Shang, X., Zhang, X...Peng, Z. (2018). Pilot study of expanded carrier screening for 11 recessive diseases in China: results from 10,476 ethnically diverse couples. *European journal of human genetics*, 27(2), 254-262. <https://dx.doi.org/10.1038/s41431-018-0253-9>
- Zhu, G., Evans D. M., Duffy, D. L., Montgomery, G. W., Medland, S. E., Gillespie, N. A...Martin, N. G. (2004). A genome scan for eye color in 502 twin families: most variation is due to a QTL on chromosome 15q. *Twin Research and Human Genetics*, 7(2), 197-210. <https://dx.doi.org/10.1375/twin.7.2.197>

Recebido em: 01.05.2019

Aceito em: 26.03.2020